

Оригинальная статья / Original article

УДК 582.665.11:577.13(571.1/.5)

<http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-529-535>

Содержание фенольных соединений индивидуальных растений трех видов рода *Bistorta* (L.) Scop.

© М.С. Воронкова, Г.И. Высочина, Т.А. Кукушкина

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

Резюме: Растения рода *Bistorta* являются богатым источником фенольных соединений, которые оказывают антиоксидантное, противовоспалительное, противоопухолевое действие и др. Очень важно выявление органа растения, в котором концентрация целевых веществ максимальна, а также сравнение содержания вторичных метаболитов в растениях того или иного вида с другими представителями рода. Целью данной работы являлось изучение содержания фенольных соединений в органах индивидуальных растений трех видов рода *Bistorta*: *B. officinalis*, *B. vivipara*, *B. attenuata*, произрастающих на территории Сибири. Общее содержание фенольных соединений в водно-этанольных экстрактах растений определяли спектрофотометрическими методами. По результатам исследования выявлен высокий уровень изменчивости флавонолов и катехинов в органах изученных видов. Отмечена средняя вариабельность содержания танинов в соцветиях *B. attenuata* и *B. vivipara*, в листьях и корневищах *B. officinalis* и низкая в листьях *B. vivipara*. Обнаружено неравномерное распределение фенольных соединений по органам разных видов растений. Растения *B. attenuata* накапливают наибольшее количество флавонолов в соцветиях, а *B. officinalis* и *B. vivipara* – в листьях. Катехинов у *B. officinalis* больше в корневищах, а у растений *B. attenuata* и *B. vivipara* – в соцветиях. *B. officinalis* является уникальным видом растений с чрезвычайно высоким содержанием катехинов (10,5%) и танинов (29,8%) в подземных органах. *B. attenuata* отличается от двух других видов более низким содержанием катехинов во всех органах, но наибольшим количеством флавонолов в соцветиях (10,7%). Каждому виду свойственен особый характер накопления веществ в органах растений, что следует учитывать при сборе лекарственного сырья.

Ключевые слова: *Bistorta* (L.) Scop., индивидуальная изменчивость, вторичные метаболиты, танины, катехины, флавонолы

Keywords: *Bistorta* (L.) Scop., individual variability, secondary metabolites, tannins, catechins, flavonols

Информация о статье: Дата поступления 27 сентября 2018 г.; дата принятия к печати 5 сентября 2019 г.; дата онлайн-размещения 30 сентября 2019 г.

Для цитирования: Воронкова М.С., Высочина Г.И., Кукушкина Т.А. Содержание фенольных соединений индивидуальных растений трех видов рода *Bistorta* (L.) Scop. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9, N 3. С. 529–535. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-529-535

Phenolic compound content in individual plants of three species of the *Bistorta* (L.) Scop. genus

© Maria S. Voronkova, Galina I. Vysochina, Tatyana A. Kukushkina

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract: Plants of the *Bistorta* genus manifest themselves as a rich source of phenolic compounds, exhibiting antioxidant, anti-inflammatory, antitumor effects, etc. One of the important research tasks in this connection involves the identification of the plant organ having the maximum concentration of the target substances, as well as the comparison of the content of secondary metabolites in plants of different species of the genus. The aim of this work was to study the content of phenolic compounds in the organs of individual plants of three

species of the *Bistorta* genus growing in Siberia: *B. officinalis*, *B. vivipara* and *B. attenuata*. The total content of phenolic compounds in water-ethanol plant extracts was determined by spectrophotometric methods. The results of the study revealed a high level of variability of flavonols and catechins in the organs of the studied species. The average variability of tannins is noted in the inflorescences of *B. attenuata* and *B. vivipara*, as well as in the leaves and rhizomes of *B. officinalis*. A decrease to low variability is observed in the leaves of *B. vivipara*. An uneven distribution of phenolic compounds in the organs of different plant species was established. *B. attenuata* plants accumulate the largest number of flavonols in inflorescences, while *B. officinalis* and *B. vivipara* demonstrate the maximum value in the leaves. *B. officinalis* contains more catechins in rhizomes, while *B. attenuata* and *B. vivipara* demonstrate the highest catechin value in inflorescences. *B. officinalis* presents a unique plant species with an extremely high content of catechins (10.5%) and tannins (29.8%) in the underground organs. *B. attenuata* differs from the other two species in having a lower catechin content in all organs, but the highest number of flavonols in inflorescences (10.7%). The unique character of accumulation of substances in plant organs characterising each species should be taken into account when collecting raw materials for medicinal use.

Keywords: *Bistorta* (L.) Scop., individual variability, secondary metabolites, tannins, catechins, flavonols

Information about the article: Received September 27, 2018; accepted for publication September 5, 2019; available online September 30, 2019.

For citation: Voronkova M.S., Vysochina G.I., Kukushkina T.A. Phenolic compound content in individual plants of three species of the *Bistorta* (L.) Scop. genus. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2019, vol. 9, no. 3, pp. 529–535. (In Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-529-535

ВВЕДЕНИЕ

Растения рода *Bistorta* (L.) Scop. являются богатым источником фенольных соединений, которые ингибируют образование активных форм кислорода, оказывают антиоксидантное, противовоспалительное, противоопухолевое действие и др. [1–4]. Показано, что изученные виды богаты танинами, катехинами, флавонолами [5, 6]. В растениях этого рода обнаружены флавонолы (кверцетин, кемпферол и их гликозиды), флакон (лютеолин), С-гликозиды флавонона (апигенина), а также фенолкарбоновые кислоты (кофейная, хлорогеновая и синаповая) [7, 8]. Исследователи уделяют большое внимание изучению биологической активности двух видов рода – *B. officinalis* и *B. vivipara*, особенно подземной части растений [1–4, 9, 10]. В народной медицине России и Китая эти растения применяют как кровоостанавливающее, вяжущее средство при лечении дизентерии, диареи, острой респираторной инфекции, карбункулов, носового и геморроидального кровотечения и др. [6, 8, 10]. В Корее при диарее традиционно используют растения *B. manshuriensis* [11]. Другие виды рода *Bistorta* изучены мало. В традиционной медицине они обычно используются местным населением так же, как широко распространенные виды *B. officinalis* и *B. Vivipara*¹.

Несмотря на уникальные лечебные свойства *B. officinalis* и *B. vivipara* и активное использование других видов рода *Bistorta* в народной медицине, сведений о содержании фенольных

соединений в растениях этого рода, особенно тех, которые произрастают на территории Сибири, явно недостаточно. Изучение содержания фенольных соединений в различных органах растений рода *Bistorta* актуально.

Целью данного исследования являлось сравнительное изучение содержания фенольных соединений (танинов, катехинов, флавонолов) в органах индивидуальных растений трех видов рода *Bistorta* (L.) Scop.: *B. officinalis* Delarbre, *B. vivipara* (L.) Delarbre, *B. attenuata* Kom., произрастающих на территории Сибири.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для определения содержания фенольных соединений в индивидуальных растениях образцы *B. officinalis* (15 растений) собирали на территории Республики Алтай (пос. Артыбаш, побережье оз. Телецкое, 51,7935°N, 87,2977°E, влажный луг), *B. vivipara* (15 растений) – на территории Иркутской обл. (пос. Курма, побережье оз. Байкал, 53,1743°N, 106,9662°E, влажный луг) и *B. attenuata* (по 25 растений из двух ценопопуляций Иркутской обл. (пос. Курма, 53,1743°N, 106,9662°E, и пос. Сарма, 53,1123°N, 106,8516°E, побережье оз. Байкал, влажный луг)). Растения находились в фазе цветения. После сбора их разделяли на органы и далее сушили в тени в проветриваемых помещениях.

Определяли содержание флавонолов, катехинов и танинов (% от массы воздушно-сухого сырья). Количественное определение суммы флавонолов проводили по методу В.В. Беликова [12]. Навеску (0,5 г) измельченного воздушно-сухого сырья исчерпывающе экстрагировали 50%-ным этиловым спиртом. В мерную

¹ Ареалы лекарственных и родственных им растений СССР: атлас / ред. В.М. Шмидт. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 208 с.

пробирку вносили 0,1 мл экстракта, приливали 0,2 мл 2%-ного раствора $AlCl_3$ в 96%-ном этиловом спирте и этанолом доводили объем до 5 мл. В контрольном варианте к 0,1 мл экстракта приливали 1-2 капли 30%-ной уксусной кислоты и также доводили объем до 5 мл. Через 40 мин на спектрофотометре Agilent technologies 8453 (США) измеряли оптическую плотность раствора с $AlCl_3$ при 415 нм, используя для сравнения раствор с кислотой. Содержание суммы флавонолов рассчитывали по калибровочному графику, построенному по рутину фирмы «Sigma» (Германия).

Содержание катехинов определяли спектрофотометрически, окрашивание экстрактов проводили по методике, описанной в работе Г.И. Высочиной [13] и др. Точную навеску (0,5 г) сырья экстрагировали 70%-ным этиловым спиртом трехкратно по 30 мин на водяной бане. В две пробирки отбирали аликвоту по 0,8 мл экстракта. В одну из них приливали 4 мл 1%-ного раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте, доводили объемы до 5 мл в обеих пробирках концентрированной соляной кислотой. Пробирку без ванилина использовали как контроль. Через 5 мин измеряли интенсивность окрашенных растворов (розовое, малиновое или оранжево-красное окрашивание) на Agilent technologies 8453 (США) при длине волны 504 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. Содержание катехинов (%) в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по ($\pm$)-катехину фирмы «Sigma».

Количество танинов (гидролизуемых дубильных веществ) также определяли спектрофотометрическим методом Л.М. Федосеевой [14]. Навеску сырья (2 г) экстрагировали 70%-ным этиловым спиртом трехкратно по 30 мин на водяной бане, охлаждали, переносили в мерную колбу объемом 250 мл и водой доводили до метки. Часть извлечения (20 мл) центрифугировали в течение 5 мин при 3000 об./мин. 10 мл центрифугата переносили в мерную колбу на 100 мл, добавляли 10 мл 2%-ного водного раствора аммония молибденовокислого. Интенсивность образовавшейся окраски (через 15 мин) измеряли на спектрофотометре Agilent technologies 8453 (США) при длине волны 420 нм. Расчет танинов проводили по ГСО (государственному стандартному образцу) танина.

Математическую обработку результатов измерений проводили в программе Excel и пакете Statistica (v.6.0.). При изучении индивидуальной изменчивости для каждого признака определяли среднее арифметическое значение ($X_{cp.}$), его ошибку, (M_x) и коэффициент вариации (V , %). Коэффициенты вариации оценивали по шкале уровней изменчивости, предложенной С.А. Мамаевым [15]. Уровень изменчивости считается очень низким при $V \leq 7$, низким – при $7 < V \leq 12$, средним – при $13 \leq V \leq 20$, высоким – при

$21 \leq V \leq 40$, очень высоким – при $V > 40$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для определения потенциала биологической активности растений того или иного вида необходим сравнительный анализ содержания вторичных метаболитов с другими представителями рода, а также выявление органа растения, в котором концентрация целевых веществ будет максимальной. Известно, что фенольные соединения растений рода *Bistorta* представлены в основном флавонолами, катехинами и танинами [4]. В настоящей работе проведена сравнительная оценка содержания этих веществ в растениях *B. officinalis*, *B. vivipara* и *B. attenuata* из природных ценопопуляций.

В таблице приведены результаты исследования содержания фенольных соединений – танинов, катехинов и флавонолов – в отдельных органах индивидуальных растений.

Танины являются основной группой природных соединений изученных видов, они обладают вяжущими, бактерицидными, противовоспалительными и кровоостанавливающими свойствами [16–18]. Корни и корневища растений благодаря их способности дубить кожу издавна используются населением, а надземной частью растений зачастую пренебрегают. Однако листья растений содержат больше танинов, чем подземные органы: у *B. officinalis* – в 1,3 раза, *B. vivipara* – в 3,5 раза, *B. attenuata* – в 5,4 и 6,6 раз. В соцветиях танинов меньше, чем в листьях, но также достаточно много и больше, чем в корневищах (кроме *B. officinalis*). *B. officinalis* отличается высоким содержанием танинов и в подземных и в надземных органах, тогда как корневища растений *B. vivipara* и *B. attenuata* из указанных нами мест сбора накапливают танины в меньшем количестве.

Показатель X_{cp} так же, как анализ средней пробы, не дает полного представления о потенциальных возможностях накопления тех или иных веществ растениями определенного вида. В большей степени их раскрывает исследование индивидуальных растений, по результатам которого определяют значение X_{min} – X_{max} и V . В селекционном отборе при выведении сортов и при создании интродукционных популяций работают обычно только с индивидуальными растениями. Среди 15 исследованных особей *B. officinalis* были обнаружены растения, у которых содержание танинов в листьях X_{max} превосходило X_{cp} на 20%, в соцветиях – на 18%, корневищах – на 38%. Для *B. vivipara* эти показатели составляли 19, 42 и 55%, для *B. attenuata* из пос. Курма – 49, 14, 66%, из пос. Сарма – 61, 34 и 62% соответственно. Повышенное содержание танинов в некоторых индивидуальных растениях открывает возможности их отбора по этому признаку с целью создания высокопродуктивных плантаций.

Содержание флавонолов, танинов и катехинов в листьях, соцветиях и корневищах растений *Bistorta officinalis*, *B. vivipara* и *B. attenuata*

Flavonols, tannins and catechins in leaves, inflorescences and rhizomes of plants *Bistorta officinalis*, *B. vivipara* and *B. attenuata*

Класс фенольных соединений	Листья			Соцветия			Корневища		
	$X_{cp} \pm M_x$	$M_{max} - M_{min}$	V	$X_{cp} \pm M_x$	$M_{max} - M_{min}$	V	$X_{cp} \pm M_x$	$M_{max} - M_{min}$	V
<i>Bistorta officinalis</i>									
Танины	39,5±1,7	47,44–29,29	15,4	23,3±1,3	27,18–17,00	21,6	29,8±1,4	41,12–24,30	18,0
Катехины	1,8±0,1	2,53–0,95	26,8	3,0±0,2	5,10–1,93	27,3	10,5±0,7	17,75–6,46	27,4
Флавонолы	8,9±0,6	13,26–4,90	25,8	6,5±0,5	9,94–4,15	28,7	–	–	–
<i>B. Vivipara</i>									
Танины	34,9±1,0	41,42–29,70	11,2	22,9±1,1	32,42–15,85	18,5	10,1±0,7	15,69–6,06	27,6
Катехины	2,0±0,5	2,89–1,13	27,3	3,3±0,2	4,49–2,13	20,6	2,5±0,3	5,36–1,21	54,6
Флавонолы	8,9±0,5	12,84–6,04	22,4	4,5±0,3	6,28–2,89	22,0	–	–	–
<i>B. Attenuate</i> популяция из пос. Сарма									
Танины	28,6±1,9	46,00–20,73	33,2	28,5±1,0	38,26–17,07	18,1	4,3±0,3	6,98–2,20	26,8
Катехины	1,4±0,01	2,51–0,66	33,2	2,0±0,1	2,70–1,00	24,1	1,4±0,1	3,21–0,53	48,7
Флавонолы	6,8±0,4	11,31–3,33	28,2	10,7±0,4	14,89–7,47	17,0	–	–	–
<i>B. Attenuate</i> популяция из пос. Курма									
Танины	32,3±1,3	48,15–22,44	19,9	29,4±1,1	33,39–21,90	19,0	6,0±0,3	9,97–3,03	24,3
Катехины	0,8±0,1	1,24–0,37	42,3	1,8±0,1	3,77–0,21	37,9	1,3±0,1	2,92–0,66	35,9
Флавонолы	6,9±0,4	10,75–3,28	31,5	9,7±0,4	13,83–6,35	21,8	–	–	–

Примечание. V – коэффициент вариации, %; X_{cp} – среднее значение признака; M_x – ошибка среднего значения; $M_{max} - M_{min}$ – максимальное и минимальное значение; «–» – вещества отсутствуют.

Катехины оказывают антиканцерогенное и гепатопротекторное действие, они укрепляют стенки кровеносных капилляров, способствуют усвоению аскорбиновой кислоты [16–20]. У растений *B. attenuata* и *B. vivipara* количество катехинов преобладает в соцветиях – 2,0% (1,8%) и 3,3% соответственно, а у *B. officinalis* – в корневищах – 10,5%. *B. officinalis* является уникальным видом растений с чрезвычайно высоким содержанием катехинов в подземных органах. Оно в 4,2 раза больше, чем у *B. vivipara* и в 7,5 раз больше – чем у *B. attenuata*. В листьях и соцветиях *B. officinalis* синтезируется катехинов не намного меньше, чем у *B. vivipara*, но все-таки больше, чем у *B. attenuata*. В целом отмечается более низкое содержание катехинов во всех органах растений *B. attenuata* по сравнению с двумя другими видами. Как и в случае с *B. officinalis*, при исследовании индивидуальных растений были обнаружены экземпляры с намного более высоким показателем содержания X_{max} , чем X_{cp} . Так, у *B. officinalis* содержание катехинов в листьях X_{max} превосходило X_{cp} на 41%, в соцветиях – на 70%, в корневищах – на 78%. Для *B. vivipara* эти показатели составили 45, 36 и 114%, для *B. attenuata* из пос. Курма – 55, 109, 113%, из пос. Сарма – 79, 35, 129% соответственно.

Флавонолы и флавоны обладают разнообразной биологической активностью. На их основе созданы лекарственные препараты, проявляющие Р-витаминное, антиоксидантное, противовирусное, противовоспалительное, противоопухолевое, нейропротекторное, гепатопротек-

торное действие [16–20]. Флавонолы присутствуют только в надземных органах изученных растений, так как для их биосинтеза необходим свет. Наблюдается органоспецифичность накопления флавонолов. Для растений *B. attenuata* количество флавонолов преобладает в соцветиях – 10,7 и 9,7% (ценопопуляции из пос. Сарма и пос. Курма соответственно). У *B. officinalis* и *B. vivipara*, наоборот, отмечается снижение содержания флавонолов в соцветиях – до 6,5 и 4,5% соответственно. Среднее содержание флавонолов в листьях растений этих видов одинаково – 8,9%. Следует отметить высокий потенциал растений изученных видов в плане содержания флавоноидов. В группе индивидуальных растений *B. officinalis* выявлены особи, имеющие намного большее количество флавонолов по сравнению с X_{cp} : в листьях – на 49%, в соцветиях – на 53%; у *B. vivipara* – на 44 и на 40%; у *B. attenuata* – 56 и 43% (пос. Курма), 66 и 39% (пос. Сарма).

При изучении содержания фенольных соединений в индивидуальных растениях выявлена их значительная вариабельность (V, %). Так, содержание танинов в корневищах *B. vivipara* и *B. attenuata*, в листьях *B. attenuata* (пос. Сарма) и соцветиях *B. officinalis* варьирует на высоком уровне, тогда как во всех остальных органах растений этих видов – на среднем уровне, близком к высокому. Только в листьях *B. vivipara* наблюдается низкий уровень изменчивости содержания танинов – V = 11,2%.

Изменчивость содержания катехинов в органах растений всех изученных видов высокая

или очень высокая. Количество катехинов варьирует на очень высоком уровне в корневищах индивидуальных растений *B. vivipara* (54,6%), *B. attenuata* (пос. Сарма) (48,7%) и в листьях *B. attenuata* (пос. Курма) (42,3%). Изменчивость этого показателя для всех остальных органов – высокая.

Высокий уровень изменчивости содержания флавонолов обнаружен в листьях и соцветиях всех видов, кроме *B. attenuata* из пос. Сарма, где отмечен средний уровень (17,0%).

Выявлена видоспецифичность накопления фенольных соединений в органах растений рода *Bistorta*. Содержание танинов в корневищах *B. officinalis* значительно больше, чем в корневищах двух других видов ($X_{cp} = 29,8\%$; $M_{max} = 41, 12\%$). Содержание танинов в корневищах *B. vivipara* выше, чем у *B. attenuata* (пос. Сарма) в 2,4 раза и *B. attenuata* (пос. Курма) – в 1,7 раза. Содержание катехинов в корневищах *B. officinalis* ($X_{cp} = 10,5\%$; $M_{max} = 17,75\%$) также значительно превышает их содержание в других видах. Соцветия растений *B. attenuata* накапливают большее количество флавонолов (10,7% – пос. Сарма, 9,7% – пос. Курма) и танинов (28,5% – пос. Сарма, 29,4% – пос. Курма) по сравнению с другими видами. В соцветиях *B. vivipara* – наименьшее количество флавонолов (4,5%), что, вероятно, связано с нетипичным способом размножения этого вида: *B. vivipara* размножается вегетативно посредством клубнелуковичек (луковичек). Среднее содержание катехинов в соцветиях растений *B. vivipara* (3,3%) и *B. officinalis* (3,0%) выше, чем в соцветиях *B. attenuata* (2,0% – пос. Сарма, 1,8% – пос. Курма). Листья растений *B. attenuata* также отличаются меньшим содержанием катехинов: 1,4% – из пос. Сарма, 0,8% – пос. Курма. Количество флавонолов и танинов в листьях этих видов различается незначительно.

При сравнении растений из двух ценопопуляций, расположенных близ поселков Курма и Сарма на западном побережье оз. Байкал в 10 км друг от друга, некоторые отличия были обнаружены несмотря на то, что условия произраста-

ния растений практически одинаковы. Танинов больше во всех органах растений из пос. Курма, катехинов – из пос. Сарма, флавонолов в надземных органах – почти одинаково. Уровень изменчивости содержания веществ в индивидуальных растениях также отличался, хотя в основном был высоким. Содержание танинов больше варьировало в ценопопуляции из пос. Сарма, катехинов – из пос. Курма (надземные органы) и пос. Сарма (корневища), флавонолы – в ценопопуляции из пос. Курма.

Высокий уровень изменчивости содержания фенольных соединений может быть связан с разным возрастом растений в ценопопуляции. Для анализа были выбраны только цветущие экземпляры, однако возраст особей был разным, и содержание фенольных соединений в органах молодых, средневозрастных и старых генеративных особей, несомненно, различается. У молодых особей еще происходит внутренняя физиологическая перестройка, в то время как у старых растений происходит снижение репродуктивной функции, что, безусловно, отражается и на содержании фенольных соединений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отмечен высокий потенциал растений изученных видов в плане накопления флавонолов, катехинов и танинов, выявлена способность некоторых индивидуальных растений к повышенному содержанию биологически активных веществ. Наблюдается видо- и органоспецифичность содержания фенольных соединений. *B. officinalis* является уникальным видом растений с чрезвычайно высоким количеством катехинов (10,5%) и танинов (29,8%) в подземных органах, а растения *B. attenuata* отличается наибольшим содержанием флавонолов в соцветиях (10,7%). Каждому виду свойственен особый характер накопления веществ в органах растений, что следует учитывать при сборе лекарственного сырья. В целом для растений изученных видов отмечен высокий уровень индивидуальной изменчивости содержания фенольных соединений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Klimczak U., Woźniak M., Tomczyk M., Granica S. Chemical composition of edible aerial parts of meadow bistort (*Persicaria bistorta* (L.) Samp.) // Food Chemistry. 2017. Vol. 230. P. 281–290. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.02.128
2. Liu Y.-H., Weng Y.-P., Lin H.-Y., Tang S.-W., Chen C.-J., Liang C.-J., Ku C.-Y., Lin J.-Y. Aqueous extract of *Polygonum bistorta* modulates proteostasis by ROS-induced ER stress in human hepatoma cells // Scientific Reports. 2017. Vol. 7, art. 41437. DOI: 10.1038/srep41437.
3. Intisar A., Zhang L., Luo H., Kiazolu J.B., Zhang R., Zhang W. Anticancer constituents and cytotoxic activity of methanol-water extract of *Polygonum bistorta* L. // African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines. 2013. Vol. 10. Issue 1. P. 53–59.
4. Wang Sh.-T., Gao W., Fan Ya.-X., Liu X.-G., Liu K., Du Y., Wang L.-L., Li H.-J., Li P., Yang H. Phenol profiles and antioxidant capacities of *Bistorta Rhizoma* (*Polygonum bistorta* L.) extracts // RSC Advances. 2016. Vol. 33. Issue 6. P. 27320–27328. DOI: 10.1039/C6RA00687F.
5. Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишные (*Polygonaceae* Juss.). Сообщ. II. Род Змеевик – *Bistorta* Hill // Turczaninowia. 2007. Т. 10. Вып. 1. С. 68–79.

6. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 1. Семейства *Magnoliaceae* – *Juglandaceae*, *Ulmaceae*, *Moraceae*, *Cannabaceae*, *Urticaceae* / ред. А.Л. Буданцев. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 424 с.
7. Воронкова М.С., Высочина Г.И., Кукушкина Т.А., Мочалова О.А., Андриянова Е.А. Сравнительное исследование вторичных метаболитов близкородственных видов *Bistorta elliptica* и *B. plumosa*, произрастающих в Магаданской области // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2016. N 10. С. 15–22.
8. Воронкова М.С., Высочина Г.И. Род *Bistorta* Scop. (*Polygonaceae*): химический состав и биологическая активность // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. N 3. С. 209–215.
9. Adiba M. Tabarak H.I.M.A review on *Polygonum bistorta* L. with reference to its pharmacology and phytochemistry // Global Journal of Research on Medicinal Plants and Indigenous Medicine. 2013. Vol. 2. Issue 9. P. 669–674.
10. Liu X.Q., Li W.W., Hua H.M., Li W., Chen F.K., Wu L.J. An NMR study of a phenyl propanoid-substituted catechin from *Polygonum bistorta* // Asian Journal of Traditional Medicines. 2006. Vol. 1. Issue 2. P. 73–75.
11. Kim K.H., Chang S.W., Lee K.R. Feruloyl sucrose derivatives from *Bistorta manshuriensis* // Canadian Journal of Chemistry. 2010. Vol. 88. Issue 6. P. 519–523. DOI: 10.1139/V10-037
12. Беликов В.В., Шрайбер М.С. Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. N 1. С. 66–72.
13. Высочина Г.И., Кукушкина Т.А., Коцупий О.В., Загурская Ю.В., Баяндина И.И. Изучение флоры лесостепной зоны Западной Сибири как источника биологически активных соединений // Сибирский экологический журнал. 2011. N2. С. 273–384.
14. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья. 2005. N 2. С. 45–50.
15. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). М.: Наука, 1973. 284 с.
16. Семенов А.А., Карцев В.Г. Основы химии природных соединений: монография; в 2 т. Т. 1. М.: Научное партнерство: МБФНП (ICSPF), 2009. 619 с.
17. Sarma C.J. Naturally occurring polyphenols and their utility // In: Chemistry of phenolic compounds: state of the art. New York: Nova Science Publishers Inc., 2011. P. 19–30.
18. Ahmad I., Aqil F., M. Ahmad F., Owais M. Herbal Medicines: Prospects and Constraints. In: Modern phytomedicine: turning medicinal plants into drugs / ed. by I. Ahmad, F. Aqil, M. Owais. Weinheim: Wiley-VCH, 2006. P. 59–78.
19. The science of flavonoids / ed. by E. Grote-wold. New York: Springer, 2006. 273 p.
20. Зверев Я.Ф. Флавоноиды глазами фармаколога. Антиоксидантная и противовоспалительная активность // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2017. Т. 15. N 4. С. 5–13. DOI: 10.17816/RCF1545-13
1. Klimczak U., Woźniak M., Tomczyk M., Grana S. Chemical composition of edible aerial parts of meadow bistort (*Persicaria bistorta* (L.) Samp.). *Food Chemistry*. 2017, vol. 230, pp. 281–290. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.02.128
2. Liu Y.-H., Weng Y.-P., Lin H.-Y., Tang S.-W., Chen C.-J., Liang C.-J., Ku C.-Y., Lin J.-Y. Aqueous extract of *Polygonum bistorta* modulates proteostasis by ROS-induced ER stress in human hepatoma cells. *Scientific Reports*. 2017, vol. 7, art. 41437. DOI: 10.1038/srep41437
3. Intisar A., Zhang L., Luo H., Kiazolu J.B., Zhang R., Zhang W. Anticancer constituents and cytotoxic activity of methanol-water extract of *Polygonum bistorta* L. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2013, vol. 10, no. 1, pp. 53–59.
4. Wang Sh.-T., Gao W., Fan Ya-X., Liu X.-G., Liu K., Du Y., Wang L.-L., Li H.-J., Li P., Yang H. Phenol profiles and antioxidant capacities of *Bistorta Rhizoma* (*Polygonum bistorta* L.) extracts. *RSC Advances*. 2016, vol. 33, issue 6, pp. 27320–27328. DOI: 10.1039/C6RA00687F
5. Vysochina G.I. Phenolic compounds in systematics and phylogeny of the family *Polygonaceae* Juss. II. Genus *Bistorta* Hill. *Turczaninowia*. 2007, vol. 10, issue 1, pp. 68–79. (In Russian).
6. *Plant resources of Russia. Wild flowering plants, their component composition and biological activity*. Ed. by A.L. Budantsev. Vol. 1. Magnoliaceae Family – *Juglandaceae*, *Ulmaceae*, *Moraceae*, *Cannabaceae*, *Urticaceae*. St. Petersburg, Moscow: *Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ.*; 2008, 421 p. (In Russian)
7. Voronkova M.S., Vysochina G.I., Kukushkina T.A., Mochalova O.A., Andriyanova E.A. A comparative research of secondary metabolites of the closely related species *Bistorta elliptica* and *Bistorta plumosa* of Magadan region. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii*. 2016, no. 10, pp. 15–22. (In Russian)
8. Voronkova M.S., Vysochina G.I. *Bistorta* Scop. genus (*Polygonaceae*): chemical composition and biological activity. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2014, no. 3, pp. 209–215. (In Russian)
9. Adiba M. Tabarak H.I.M.A review on *Polygonum bistorta* L. with reference to its pharmacology and phytochemistry. *Global Journal of Research on Medicinal Plants and Indigenous Medicine*. 2013, vol. 2, issue 9, pp. 669–674.

REFERENCES

10. Liu X.Q., Li W.W., Hua H.M., Li W., Chen F.K., Wu L.J. An NMR study of a phenyl propanoid-substituted catechin from *Polygonum bistorta*. *Asian Journal of Traditional Medicines*. 2006, vol. 1, issue 2, pp. 73–75.

11. Kim K.H., Chang S.W., Lee K.R. Feruloyl sucrose derivatives from *Bistorta manshuriensis*. *Canadian Journal of Chemistry*. 2010, vol. 88, issue 6, pp. 519–523. DOI: 10.1139/V10-037

12. Belikov V.V., Shraiber M.S. Methods of flavonoid compounds analysis. *Farmatsiya*. 1970, no. 1, pp. 66–72. (In Russian)

13. Vysochina G.I., Kukushkina T.A., Kotsupii O.V., Zagurskaya Yu.V., Bayandina I.I. Investigation of the flora of forest-steppe zone of West Siberia as the source of biologically active compounds. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*. 2011, no. 2, pp. 273–384. (In Russian)

14. Fedoseeva L.M. Tannins from underground and aboveground vegetative organs of thick-leaved badan (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.) growing in Altai. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2005, no. 2, pp. 45–50. (In Russian)

15. Mamaev S.A. *Formy vnutrividovoi izmen-*

chivosti drevesnykh rastenii (na primere semeistva Pinaceae na Urale). [Forms of intraspecific variability of woody plants (a case of Family Pinaceae in the Urals)]. Moscow: Nauka Publ., 1973. 284 p.

16. Semenov A.A., Kartsev V.G. *Osnovy khimii prirodnnykh soedinenii* [Fundamentals of chemistry of natural compounds]. Vol. 1. Moscow: ICSPF Press Publ., 2009, 619 p.

17. Sarma C.J. Naturally occurring polyphenols and their utility. In: *Chemistry of phenolic compounds: state of the art*. New York: Nova Science Publishers Inc., 2011, pp. 19–30.

18. Ahmad I., Aqil F., M. Ahmad F., Owais M. Herbal Medicines: Prospects and Constraints. In: *Modern phytomedicine: turning medicinal plants into drugs*. Ed. by I. Ahmad, F. Aqil, M. Owais. Weinheim: Wiley-VCH, 2006, pp. 59–78.

19. The science of flavonoids. Ed. by E. Grote-wold. New York: Springer, 2006, 273 p.

20. Zverev Ya.F. Flavonoids through the eyes of a pharmacologist. Antioxidant and anti-inflammatory activities. *Obzory po klinicheskoi farmakologii i lekarstvennoi terapii*. 2017, vol. 15, no. 4, pp. 5–13. (In Russian). DOI: 10.17816/RCF1545-13

Критерии авторства

Воронкова М.С., Высочина Г.И., Кукушкина Т.А. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Воронкова М.С., Высочина Г.И., Кукушкина Т.А. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Воронкова Мария Сергеевна,
к.б.н., научный сотрудник
лаборатории дендрологии,
Центральный сибирский
ботанический сад СО РАН,
✉ e-mail: bmc_87@mail.ru

Высочина Галина Ивановна,
д.б.н., профессор, заведующая
лабораторией фитохимии,
Центральный сибирский
ботанический сад СО РАН,
e-mail: vysochina_galina@mail.ru

Кукушкина Татьяна Абдухаиловна,
старший научный сотрудник
лаборатории фитохимии,
Центральный сибирский
ботанический сад СО РАН,
e-mail: kukushkina-phyto@yandex.ru

Contribution

Maria S. Voronkova, Galina I. Vysochina, Tatyana A. Kukushkina carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Maria S. Voronkova, Galina I. Vysochina, Tatyana A. Kukushkina have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

AUTHORS' INDEX

Maria S. Voronkova,
Ph.D. (Biology), Researcher,
Laboratory of Dendrology,
Central Siberian Botanical Garden SB RAS,
✉ e-mail: bmc_87@mail.ru

Galina I. Vysochina,
Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of Laboratory
of Phytochemistry,
Central Siberian Botanical Garden SB RAS,
e-mail: vysochina_galina@mail.ru

Tatyana A. Kukushkina,
Senior Researcher,
Laboratory of Phytochemistry,
Central Siberian Botanical Garden SB RAS,
e-mail: kukushkina-phyto@yandex.ru